Untersuchungen

über den

Zellkern in den Samen

während ihrer

Entwicklung, Ruhe und Keimung.

Inaugural-Dissertation

der

Hohen philosophischen Fakultät der Universität Rostock

zur

Erlangung der akademischen Doctorwürde

vorgelegt von

Theodor Peters
in Braunschweig.

Braunschweig,
Druck und Papier von Friedrich Vieweg und Sohn.
1891.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41553619_0160

Untersuchungen

über den

Zellkern in den Samen

während ihrer

Entwicklung, Ruhe und Keimung.

Inaugural-Dissertation

der

Hohen philosophischen Fakultät der Universität Rostock

zur

Erlangung der akademischen Doctorwürde

vorgelegt von

Theodor Peters

in Braunschweig.

Braunschweig,

Druck und Papier von Friedrich Vieweg und Sohn.

1891.

Referent: **Professor Dr. Falkenberg.**

Im Jahre 1887 hat Koeppen Untersuchungen in bezug auf das Vorhandensein eines Zellkernes nebst Kernkörperchen angestellt, die sich auf die Samen von 6 Koniferen, 21 Monokotylen und 46 Dikotylen erstreckten. Es wird konstatiert, dafs „in der gröfsten Mehrzahl der mit Reservestoffen erfüllten Zellen der Samen“ ein Zellkern vorhanden ist[1]). Im Embryo selbst wurden ausnahmslos Zellkerne gefunden, in den Endospermzellen der Phytolaccaceen und Typhaceen dagegen fehlten normale Kerne. Bei Phytolacca decandra[2]) und Pircunia esculenta führten die Endospermzellen nur ganz unregelmäfsige, oft wie zerrissen erscheinende Kerne ohne Kernkörperchen. Bei Rivina laevis und Rivina purpurea[3]) wurde im Verlaufe der Entwickelung der Zerfall des normalen Kernes und bei völliger Reife in den meisten Zellen ein Verschwinden desfelben beobachtet. Von Sparganium[4]) wird mit Bestimmtheit behauptet, dafs im Endosperm ein Zellkern nicht vorhanden sei, da ein solcher auch nach Lösung der ihn etwa verdeckenden Proteinkristalle durch Tinktion nicht nachzuweisen war. Dasfelbe Verhalten wird auch bei Typha[5]) konstatiert. Bei Carex Mairii[6]) wurden nach längerer Behandlung der Schnitte mit 0,3proz. Salzsäure und darauf folgender Tinktion in jeder Zelle vier bis sieben Kernreste gefunden. Im unreifen Samen ist in jeder Endosperm-

[1]) Koeppen: Über das Verhalten des Zellkerns im ruhenden Samen. Leipzig, Inaug.-Diss. 1887, S. 10 ff. — [2]) Daselbst, S. 37. — [3]) Daselbst, S. 33 und 34. — [4]) Daselbst, S. 24 und 25. — [5]) Daselbst, S. 26. — [6]) Daselbst, S. 28 und 29.

zelle ein Kern mit einem oder zwei Kernkörperchen vorhanden. Dann wurden in jeder Zelle vier bis sieben normale Kerne beobachtet, welche sich kurz vor der Reife auflösten und im reifen Samen als unbestimmt umgrenzte Körperchen erschienen.

Schliefslich wird noch bei Carex Mairii und andern Carexarten hervorgehoben, dafs auch im keimenden Samen der Zellkern der Endospermzellen nicht wieder in seine ursprüngliche kugelige Gestalt zurückkehre.

Die von Proteinkörnern umschlossenen Zellkerne haben nach Koeppen[1]) in der Regel eine normale Gestalt, die von Stärkekörnern eingeschlossenen zeigen dagegen oft die eigentümlichsten Formen. So hat beispielsweise der Kern in der Mitte des Endosperms von Zea Mais die Gestalt eines weitmaschigen Gewebes, welches sich über einen grofsen Teil des Zellinnern ausbreitet[2]). Ebenso bilden die Zellkerne von Phytolacca decandra, Pircunia esculenta, Cucurbita u. a. unregelmäfsig gezackte oder zerrissene Körper, welche oft mit langen Fortsätzen versehen sind. Diese unregelmäfsigen Formen werden nach Koeppen durch die mechanischen Einwirkungen der dicht gedrängten Reservestoffe bedingt[3]). Die in bezug auf ihre Gestalt nicht sehr alterierten Kerne nehmen nach Koeppen während der Keimung wieder normale Gestalt an. Dasselbe ist auch der Fall bei dem unregelmäfsig zackigen Zellkern von Cucurbita. Die in bezug auf ihre Gestalt sehr alterierten Kerne dagegen (Zea, Carex) haben ihre Funktionsfähigkeit verloren und sind als tote Körper zu betrachten.

Kernkörperchen wurden von Koeppen nicht in allen Samen aufgefunden. In den Koniferensamen, sowie auch in den stärkeführenden Zellen andrer reifer Samen wurde niemals ein Kernkörperchen beobachtet[4]). Vor der Reife sind

---

[1]) Koeppen, S. 13. — [2]) Daselbst, S. 13 und 30. — [3]) Daselbst, S. 14. — [4]) Daselbst, S. 16.

nach Koeppen Kernkörperchen in den Kernen stärkehaltiger Zellen enthalten, mit der Reife jedoch sollen die Nucleolen verschwinden. In andern Fällen, wie bei Vicia faba und Pisum sativum, sollen die Kernkörperchen bei der Keimung wieder auftreten [1]). In stärkefreien Samen wurde meist ein Nucleolus im Zellkern beobachtet, sowohl in normal gestalteten als auch in den in bezug auf ihre Form sehr alterierten Kernen.

Doch werden auch bei den stärkefreien Samen häufigere Ausnahmen konstatiert. Besonders wird in dieser Beziehung Paeonia hervorgehoben [2]).

In den Fällen, in denen der Zellkern (Zea, Carex) seine normale Gestalt nicht wieder annahm, tritt auch das Kernkörperchen bei der Keimung nicht wieder auf.

Koeppen giebt an, dafs er bei einigen stärkefreien Samen das Kernkörperchen nicht erwähnt habe, weil er dasselbe bei der Kleinheit des Kerns oder bei der zufällig getroffenen Tinktion nicht mit Sicherheit wahrnehmen konnte [3]). Von 46 Dikotylensamen ist bei 16 das Kernkörperchen gefunden, bei 18 aus den genannten Gründen nicht erwähnt und bei 12 nicht gefunden. In bezug auf die Monokotyledonen stellt sich das Verhältnis folgendermafsen heraus. Es sind (mit Ausschlufs von Sparganium, Typha und Carex) 18 Monokotylensamen untersucht. Bei zwei ist das Kernkörperchen nicht erwähnt, bei zwölf nicht aufgefunden und bei vier das Vorhandensein konstatiert. In Monokotylensamen ist demnach nur ausnahmsweise ein Nucleolus aufgefunden.

Von andern Arbeiten, in welchen das Verhalten der Zellkerne in ruhenden Pflanzenteilen Erwähnung findet, sind die „Untersuchungen über die Zellkerne in den stärkeführen-

---

[1]) Koeppen, S. 42 und 43. — [2]) Daselbst, S. 35. — [3]) Daselbst, S. 15, Anm.

den Zellen der Hölzer“ von Schorler zu nennen. Durch dieselben wird nachgewiesen, dafs in allen stärkeführenden Zellen des Holzes ein lebendiger Protoplasmaleib nebst einem Zellkern vorhanden ist[1]), dafs ferner die Kerne in dem „Holze alter Stämme so lange unverändert anzutreffen sind, als noch Stärke in den Zellen zur Ablagerung kommt[2])“.

Pfeffer[3]) hat in vielen Samen den Zellkern als zusammengeschrumpfte Masse zwischen den Proteinkörnern gefunden. Er hält diese Kerne für desorganisiert, eine Ansicht, gegen welche sich Strasburger[4]) ausspricht, indem er konstatiert, dafs der Zellkern bei der Keimung wieder normal werde, die Desorganisation also nur eine scheinbare sei.

Aus den bisherigen Untersuchungen geht hervor:

1. Dafs in allen in der Entwickelung befindlichen Zellen des Endosperms (resp. Perisperms) und der als Reservestoffbehälter dienenden Keimblätter ein Zellkern nebst Kernkörperchen vorhanden ist.

2. Dafs auch in den meisten ruhenden Samen (die wenigen, schon genannten Ausnahmen abgerechnet) in den Zellen Kerne vorhanden sind und in vielen Fällen auch Kernkörperchen nachgewiesen wurden.

3. Dafs im keimenden Samen (die bezeichneten Fälle abgerechnet) oft auch dann ein Kernkörperchen wieder auftritt, wenn dasselbe im ruhenden Samen vermifst wurde; dafs der Kern bei der Keimung, um es kurz zu bezeichnen, wieder normal wird.

---

[1]) Schorler, Inaug.-Diss. Jena 1883, S. 26. — [2]) Daselbst, S. 28. — [3]) Pringsheim, Jahrb. f. wiss. Bot. 1872, Bd. 8, S. 484. — [4]) Strasburger, Über den Bau und das Wachstum der Zellhäute. Jena 1882, S. 242.

Im Samen werden Reservestoffe niedergelegt und beim Keimungsprozesse wieder nutzbar gemacht, indem sie gelöst und in den wachsenden Keimling befördert werden. Da es im ruhenden Samen darauf ankommt, die Inhaltsstoffe zu konservieren, so werden dieselben oft in einer besonderen Ruheform, in organisierter Gestalt (Stärkekörner, Proteinkörner, Kristalloide), im Endosperm, im Perisperm oder in den Keimblättern beherbergt. Auch der Zellkern geht in einen solchen Ruhezustand über. Im ruhenden Samen findet man ihn in reduzierter Gestalt. Besonders auffallend tritt diese z. B. im Endosperm von Ricinus hervor, wo nur ein Kern von sehr geringen Dimensionen nebst einem äufserst kleinen Nucleolus zu beobachten ist, während im keimenden Samen Kerne von bedeutender Gröfse mit Kernkörperchen vorhanden sind, wie sie in andern Samen kaum gröfser vorkommen. Sowohl bei der Niederlegung der Reservestoffe als auch bei der Auflösung derselben beim Keimungsprozesse sind Lebensvorgänge nötig, durch welche im ersten Falle die Ruhestoffe organisiert, im zweiten Falle nutzbar gemacht werden. Es liegt die Vermutung nahe, dafs der Zellkern, resp. Kern nebst Kernkörperchen, sowohl bei der Niederlegung als auch bei der Auflösung der Reservestoffe eine bestimmte Rolle spielt. Die von mir angestellten Untersuchungen, welche sich allerdings noch in sehr bescheidenen Grenzen bewegt haben, berücksichtigen sowohl die Vorgänge in dem in der Entwickelung begriffenen Samen, als auch die Vorgänge bei der Keimung. Sodann ist auch die Frage einer erneuten Prüfung unterzogen, ob im ruhenden Samen ohne Ausnahme Zellkerne nebst Nucleolen vorhanden sind, oder ob Ausnahmen zu konstatieren sind. Giebt es ferner Gründe, aus welchen man auf eine Beziehung zwischen Zellkern, resp. Zellkern nebst Kernkörperchen, und der Niederlegung von Stärke, der Bildung von organisierten Eiweifsstoffen (Aleuronkörnern und

Kristalloiden) schliefsen könnte? Ist die Annahme berechtigt, dafs auch bei der Wiederauflösung der organisierten Reservestoffe der Kern und das Kernkörperchen eine bestimmte Rolle spielen? Wie verhalten sich die Samen ohne Kern in den Zellen, wie die Samen, in deren Zellen der Kern seine normale Gestalt nicht wieder annimmt? Auch noch andre Fragen, die an geeigneter Stelle erwähnt werden, sollen Berücksichtigung finden.

Da es sich demnach auch um die dunkele Frage nach den Funktionen des Zellkerns handelt, so scheint es geboten, hier mit wenigen Worten auf den Stand dieser Frage einzugehen. Man findet darüber ausführliche Angaben in Strasburgers Werke: „Über Kern- und Zellteilung im Pflanzenreiche“ [1]). Nur einige wichtige Punkte sollen erwähnt werden.

Zacharias [2]) spricht sich in einer Arbeit über den Nucleolus dahin aus, dafs man dessen physiologische Bedeutung nicht kenne. Er verwirft die früher von Strasburger [3]) vertretene Ansicht, dafs der Nucleolus als „nichtlebendige Substanz“ die Bedeutung eines Reservestoffes für den Zellkern habe, und hält ihn für ein Organ der Zelle. Die Funktionen desselben seien allerdings ebenso unbekannt wie die des Zellkerns überhaupt, denn Strasburgers Annahme [4]), dafs der Kern zur Bildung der Eiweifsstoffe in Beziehung stände, entbehre jeglicher Grundlage.

Strasburger [5]) glaubt nun neuerdings den Beweis geliefert zu haben, dafs ein bestimmtes Element des Zellkerns, der Nucleolus, zu einem bestimmten Vorgang im Zellleben,

---

[1]) Strasburger, Über Kern- und Zellteilung im Pflanzenreiche, nebst einem Anhang über Befruchtung. Jena 1888, S. 188 bis 204. — [2]) Zacharias, Über den Nucleolus. Bot. Zeitung 1885, S. 294 u. 295. — [3]) Strasburger, Kontroversen der indirekten Kernteilung. Bonn 1884, S. 41. — [4]) Strasburger, Über den Bau und das Wachstum der Zellhäute. Jena 1882, S. 241. — [5]) Strasburger, Über Kern- und Zellteilung im Pflanzenreiche. Jena 1888, S. 188 u. ff.

nämlich zur Membranbildung, in Beziehung stehe. Durch diesen Nachweis würden die Beziehungen aufgeklärt, welche zwischen der Membranbildung, resp. Membranverdickung und dem Zellkern bestehen[1]). Damit stimmt die von Klebs[2]) gefundene Thatsache überein, dafs nur die kernhaltigen Teilstücke von Zygnemazellen befähigt sind, Membranen zu bilden, dafs ferner nach Haberlandt[3]) sich der Kern in der Nähe der Stelle befindet, an welcher das Wachstum am lebhaftesten ist oder am längsten andauert, und dafs bei Bevorzugung mehrerer Stellen im Wachstum der Kern von den Orten des ausgiebigsten Wachstums ungefähr gleichweit entfernt ist.

Sodann deutet Strasburger[4]) darauf hin, dafs anzunehmen sei, die Beteiligung des Nucleolus an der Membranbildung sei nicht die einzige Funktion dieser Gebilde. Schimper[5]) hat darauf hingewiesen, dafs die Zellkerne auch zu den Stärkebildnern in einer gewissen Beziehung stehen. Die Chromatophoren sind in solchen Pflanzenteilen, in welchen assimilierte Stoffe in Stärke umgewandelt werden, um den Zellkern angehäuft. Schimper hält es für wahrscheinlich, dafs in nicht assimilierenden Zellen der Kern das Material liefert, welches von den Chromatophoren weiter verarbeitet und in Stärke umgewandelt wird. Strasburger[6]) nimmt auf Grund der von Schimper gemachten Erfahrungen an, dafs es sich hier um eine ganz ähnliche Beziehung des Kerns zur Stärkebildung handelt, wie er es in bezug auf die Cellulosebildung nachgewiesen hat, und spricht die Hypothese aus, dafs

---

[1]) Strasburger, Über Kern- und Zellteilung im Pflanzenreiche. Jena 1888, S. 189. — [2]) Klebs, Tageblatt der 59. Versammlung deutscher Naturforscher etc. zu Berlin, 1886, S. 194. — [3]) Haberlandt, Über die Beziehungen zwischen Funktion und Lage des Zellkerns. Jena 1887, S. 98 und 99. — [4]) Strasburger, Über Kern- und Zellteilung, S. 192. — [5]) Schimper, Untersuchungen über die Chlorophyllkörper und die ihnen homologen Gebilde. Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XVI, S. 206. — [6]) Strasburger, Über Kern- und Zellteilung, S. 196.

es auch hier die Substanz des Kernkörperchens sei, welche die Umwandlung von Leukoplastensubstanz in Stärke ermöglicht.

Am Schlusse des Abschnittes [1]), der von der Funktion der Zellkerne handelt, weist Strasburger auf die anfangs besprochene Dissertation Koeppens über das Verhalten des Zellkerns im ruhenden Samen hin, eine Arbeit, welche den Ausgangspunkt der folgenden Untersuchungen bildet.

I.

Beobachtungen über den Zellkern im ruhenden Samen.

Zunächst wurde eine Anzahl von Samen auf das Vorhandensein von Zellkernen in den Reservestoffbehältern und im Embryo geprüft. Hier sollen besonders diejenigen Untersuchungen namhaft gemacht werden, welche andre Resultate ergeben haben, als Koeppen gefunden hat.

1. Koniferen.

In der anfangs besprochenen Dissertation von Koeppen wird erklärt, dafs es niemals gelungen sei, bei den Koniferensamen Kernkörperchen weder im Endosperm noch im Embryo

[1]) Strasburger, Über Kern- u. Zellteilung, S. 204.

aufzufinden [1]). Ich habe die Samen von Picea vulgaris, Larix Europaea und Biota orientalis untersucht. Es wurde dabei folgendes Verfahren eingeschlagen. Die unter Alkohol hergestellten Schnitte, die längere Zeit behufs Fixierung des Zellinhaltes in Alkohol gelegen hatten, wurden durch Methylenblau tingiert. Es wurde eine äufserst verdünnte Lösung dieses Farbstoffs angewendet. Die Dauer der Einwirkung betrug etwa 24 Stunden. Dann wurden die Schnitte einige Sekunden in Eau de Javelle getaucht, in Alkohol übertragen und in Nelkenöl oder Origanumöl untersucht.

Bei Biota ist in den mit Proteinkörnern gefüllten Zellen des Endosperms in der Regel eine gröfsere Anzahl von Zellkernen vorhanden. In manchen Zellen wurden vier bis sechs Kerne, in den meisten allerdings nur zwei bis drei beobachtet. Ihre Form ist meist eigentümlich eckig, in den an den Embryo grenzenden Zellen mehr von rundlicher Gestalt. Das Kernkörperchen ist von verhältnismäfsig bedeutender Gröfse. Selten wurden zwei Nucleolen beobachtet. Im Embryo sind die Zellen bedeutend kleiner. Sie enthalten immer nur einen Kern nebst einem Kernkörperchen. Die äufserste Zellschicht des Embryos besteht aus kleinen, im Querschnitt quadratischen Zellen, welche eine zusammenhängende Schicht von Saugzellen bilden. Sie enthalten ebenfalls rundliche Kerne mit verhältnismäfsig grofsen Nucleolen.

In den Endospermzellen von Larix Europaea sind Kerne mit einem, häufig sogar mit mehreren Kernkörperchen vorhanden.

Ebenso konnte ich auch bei Picea vulgaris Nucleolen beobachten.

Es ist kaum zweifelhaft, dafs bei allen Koniferensamen Kernkörperchen vorhanden sind. Die Koniferen bilden demnach keineswegs eine Ausnahme.

[1]) Koeppen, S. 16 und 19.

2. Phytolacca.

Die Teilfrüchte von Phytolacca decandra sind bekanntlich mit einem peripherisch ringförmig gekrümmten Embryo versehen. Dieser umschliefst das Perisperm, welches im Vergleich zu dem grofsen Embryo keinen bedeutenden Raum einnimmt. Am Ende des Embryos finden sich Endospermüberreste in Form einiger Reihen parenchymatischer Zellen, welche den Achsenteil des Embryos vom Ende der Wurzel an mehr oder weniger hoch umgeben. Im Innern der Endospermzellen findet sich keine Stärke, sondern Fett und Protein. Ebenso ist es im Embryo. Das Perisperm enthält dagegen einen grofsen Reichtum an Stärke. Die Zellen sind so dicht damit erfüllt, dafs für einen normal gestalteten Zellkern kein Raum vorhanden ist. Die Stärkekörner, deren Gesamtumrifs meist oval ist, sind aus Teilkörnern von geringer Gröfse zusammengesetzt. Zwischen den zusammengesetzten Körnern liegen zahlreiche einzelne Körner, welche die Form und Gröfse der Teilkörnchen besitzen. Sie sind entstanden, indem die zusammengesetzten Körner in ihre Teilstücke zerfallen sind. Die Verteilung der Reservestoffe ist also der Art, dafs die Stärke in einem besondern Gewebe, nämlich im Perisperm aufbewahrt wird, dafs ferner die Proteinsubstanzen nebst reichlichem Fett ebenfalls in einem besondern Gewebe, nämlich in dem des grofsen Embryos niedergelegt sind. Das Perisperm, dessen Zellwände sehr dünn sind, ist äufserst brüchig und spröde. Legt man einen Teil desselben trocken auf den Objektträger und übt auf das Deckglas einen Druck aus, so lösen sich die Zellen vollständig aus ihrem Zusammenhange, indem die einzelnen Elemente wie Glas auseinander springen. Es ist schwer, von dem sehr unregelmäfsig gestalteten, von

den dicht gedrängten Stärkekörnern zusammengepreſsten, oft vollständig zerrissenen Zellkern ein einigermaſsen klares Bild zu erhalten. Am deutlichsten wurde der Kern durch alkoholischen Boraxkarmin tingiert. Untersucht wurde in Glycerin. Das gewöhnlich angewandte Verfahren mit Färbung durch Methylenblau und Untersuchung in Nelkenöl lieferte keine brauchbaren Resultate. Dagegen konnte die Form des Kerns deutlich erkannt werden, wenn die Stärke in einem Reagensglase durch erhitztes Wasser zum Verquellen gebracht wurde. Ein Kernkörperchen war nicht nachzuweisen. Es hat ganz den Anschein, als ob der Zellkern seine Lebensfähigkeit verloren hätte. Denselben Eindruck macht auch das ganze Perisperm. Wenn sich das bestätigt, dann muſs man annehmen, daſs die zur Auflösung der Stärke nötigen Fermente von den Zellen des groſsen, das Perisperm rings umschlieſsenden Embryos den Perispermzellen zugeführt werden. Auch nach der Keimung konnte keine Veränderung, die auf eine Reorganisation des Kernes schlieſsen lieſse, beobachtet werden. Im Embryo ist der Kern von kugeliger, etwas zackiger Gestalt. Leider habe ich versäumt, Versuche anzustellen, um das bei dem gewöhnlich eingeschlagenen Verfahren nicht deutlich sichtbar zu machende Kernkörperchen der Embryozellen zu beobachten. Doch geht aus den Untersuchungen Koeppens[1]) hervor, daſs im Embryo von Pircunia esculenta, welche sich in bezug auf den Kern in den Perispermzellen ebenso verhält wie Phytolacca decandra, in den Zellkernen ein sehr kleines Kernkörperchen beobachtet wurde. Es läſst sich demnach annehmen, daſs auch in den Zellen des Embryos von Phytolacca ein Kernkörperchen vorhanden ist. Bei Rivina[2]) hat Koeppen in den Zellen des Embryos das Auftreten der Kernkörperchen während des Keimungsprozesses beobachtet, und es ist kein

[1]) Koeppen, S. 37. — [2]) Daselbst, S. 34.

Grund vorhanden, daran zu zweifeln, dafs sich Petiveria ebenso verhält.

Somit scheint sicher zu sein, dafs die Zellkerne des Perisperms der Phytolaccaceen nicht zur Lebensthätigkeit zurückkehren und dafs der Auflösungsprozefs der Stärke vom Embryo aus beherrscht wird.

3. Beobachtungen an Samen andrer Pflanzen.

A. Stärkehaltige Samen.

Pisum sativum, Vicia faba, Leucojum aestivum.

In den reifen, stärkeführenden Samen ist es Koeppen nicht gelungen, in den Zellen der Reservestoffbehälter Kernkörperchen aufzufinden. In unreifen Samen hat er aber stets Nucleolen beobachtet, die „kurz vor der Reife des Samens entweder unter zahlreich auftretenden Chromatinkörnchen verschwanden, oder bei den durchgreifenden Veränderungen des Zellkerns, wie sie die eingelagerten Reservestoffe bedingten, sich der Beobachtung entzogen“ [1]). Bei Pisum sativum und Vicia faba soll das im reifen Samen nicht aufgefundene Kernkörperchen erst bei der Keimung hervortreten und auch nach Auflösung der Reservestoffe noch einige Zeit erhalten bleiben. Von stärkehaltigen Samen habe ich bis jetzt Pisum sativum, Vicia faba und Leucojum aestivum untersucht. Bei Pisum und Vicia faba wurden die Schnitte unter Alkohol hergestellt. Nachdem sie etwa 24 Stunden in Alkohol gelegen hatten, wurden sie mit Methylenblau tingiert. Sodann wurden die Schnitte auf kurze Zeit in Alkohol gebracht und darauf in

[1]) Koeppen, S. 16.

Nelkenöl untersucht. Auch durch Einbettung in Canadabalsam, der in Xylol gelöst war, erlitt die Deutlichkeit keine Einbufse. Eine vorherige Behandlung mit 0,3proz. Salzsäure, die Koeppen angewendet hat, war nicht nötig. Zwischen den Stärkekörnern war deutlich ein rundlicher Zellkern mit unregelmäfsig zackigen Konturen und einem grofsen Kernkörperchen zu erkennen. Bei beiden Pflanzen findet sich in bezug auf das Verhalten des Zellkerns eine grofse Ähnlichkeit. Bei Vicia faba ist das Kernkörperchen etwas gröfser und häufig von etwas länglicher Form. In den Zellkernen von Pisum wurden manchmal zwei Nucleolen beobachtet. Die Färbung des tingierten Zellkerns war blafs-bläulich, die der Kernkörperchen tief blau. In nicht vollständig tingierten Zellen war sehr häufig nur das blaue Kernkörperchen wahrnehmbar. Eine Tinktion mit Hämatoxylin hat nie das Kernkörperchen erkennen lassen. Wie schon erwähnt ist, verschwindet das Kernkörperchen bei beiden Pflanzen erst nach vollständiger Auflösung der Reservestoffe, während der Kern noch in solchen Zellen beobachtet werden kann, welche schon verschrumpft sind.

Bei Leucojum aestivum wurden von Koeppen in den stärkehaltigen Zellen des Endosperms verhältnismäfsig grofse Kerne beobachtet, die aber keine Kernkörnchen enthalten sollen. Das Verfahren mit Eau de Javelle hat auch hier gute Dienste geleistet. Es sind in den Endospermzellen Zellkerne mit deutlichen Nucleolen vorhanden. In manchen Kernen finden sich zwei, in andern sogar noch mehr Kernkörperchen. Leider habe ich es versäumt, den Embryo zu untersuchen, in dessen stärkefreien Zellen ebenfalls Kerne ohne Kernkörperchen vorhanden sein sollen. Doch ist nicht zu zweifeln, dafs auch hier Nucleolen nachgewiesen werden können.

Das Vorhandensein von Nucleolen in den Zellkernen der ruhenden Samen von Pisum, Vicia und

Leucojum machen es unzweifelhaft, dafs auch in stärkehaltigen Zellen Nucleolen vorkommen.

B. Stärkefreie Samen.

Asphodelus albus, Paeonia, Corylus Avellana.

Bei Asphodelus albus sind in den stärkefreien Endospermzellen oft mehrere Kerne, denen nach Koeppen das Kernkörperchen fehlen soll, vorhanden. Gewöhnlich konnten in einer Zelle zwei Kerne beobachtet werden. In den Zellen des Embryos hat Koeppen Kerne mit Kernkörperchen gefunden. Auch in den Zellen des Endosperms werden durch das Verfahren mit Eau de Javelle die Nucleolen sichtbar. Sie zeichnen sich durch ihre geringe Gröfse aus. Häufig konnten zwei Kernkörperchen beobachtet werden.

Koeppen hat auch bei Paeonia keine Nucleolen in den Endospermzellen gefunden. Diese Erscheinung, dafs in vollständig intakten Kernen, die von Proteinkörnern eingeschlossen sind, die Kernkörperchen fehlen, wird von ihm selbst als auffällig bezeichnet. In der That sind auch hier Nucleolen vorhanden und durch das Verfahren mit Eau de Javelle nachzuweisen. Gewöhnlich können in den Kernen mehrere, öfter drei bis fünf Kernkörperchen beobachtet werden. Paeonia bildet somit keine Ausnahme von der Regel.

Sogar bei dem sehr kleinen Kerne der Zellen der Keimblätter von Corylus Avellana hat das Verfahren mit Eau de Javelle, natürlich mit der nötigen Vorsicht angewendet, zum Ziele geführt. In dem sehr kleinen Kerne liefsen sich deutliche Kernkörperchen beobachten.

II.

Beobachtungen an sich entwickelnden Samen.

1. Phytolacca.

Im jungen Perisperm von Phytolacca decandra ist in den Zellen ein grofser Zellkern nebst ziemlich grofsem Kernkörperchen enthalten. Derselbe liegt im Mittelpunkte der Zelle und wird rings umgeben von Zellplasma, von dem aus vielfach verzweigte Plasmafäden, die nach der Zellwand zu immer feiner werden, zum Wandplasma verlaufen. Im ersten Stadium ist von Stärke noch keine Spur vorhanden, doch scheinen im Zellplasma sehr kleine, kugelige Leukoplasten zu liegen. Im zweiten Stadium erkennt man an Jodglycerinpräparaten sehr deutlich die Anfänge der Stärkebildung in den Leukoplasten. Letztere sind hauptsächlich im Wandplasma vorhanden, kommen aber auch in der Umgebung des Kernes vor und sind in weiteren Entwickelungsstadien überall im Zellplasma verteilt. Innerhalb der Leukoplasten, die von meist etwas länglicher Gestalt sind, treten im Innern zunächst kleine Stärkekörner auf. Es konnten Leukoplasten beobachtet werden, welche erst ein einziges Stärkekörnchen enthielten, und solche, welche zwei oder mehr erkennen liefsen. Anfänglich schien der Umrifs der Stärkekörnchen nicht scharf begrenzt zu sein. Bei etwa 1000facher Vergröfserung war mit Sicherheit zu erkennen, dafs die Stärke dicht unter der Peripherie der Leukoplasten entsteht. In einem dritten zur Beobachtung gelangten Stadium war die Zahl und Gröfse der Stärkekörner bedeutend gewachsen, doch noch keine gegenseitige Berührung der Teilkörnchen eingetreten. Auch war der Zellkern noch

von vollständig normaler Gestalt, da er noch nicht durch die Reservestoffe räumlich beeinträchtigt war. Indem nun aber die Zahl der zusammengesetzten, einen ziemlich bedeutenden Umfang erreichenden Stärkekörner sich vermehrt, drängen sie sich dicht zusammen und beeinflussen die Form des Kernes. Derselbe nimmt nach und nach die eigentümlich zackige und zerrissene Gestalt an, und schliefslich verschwindet das Kernkörperchen, welches im reifen Samen, wie schon bemerkt ist, nicht mehr beobachtet werden kann und auch bei der Keimung nicht wieder auftritt.

2. Sparganium.

Das junge Endosperm von Sparganium zeigt ähnliche Verhältnisse wie das von Phytolacca. Im Zentrum der Zellen liegt ein durch Plasmafäden mit dem Wandplasma in Verbindung stehender Zellkern mit grofsem Nucleolus. Von Stärke und Eiweifskristallen ist noch keine Spur vorhanden.

Bei Sparganium konnte ich die Entstehung der Kristalloide verfolgen. Zunächst scheint der Umstand von Bedeutung zu sein, dafs sich die Zahl der Kerne, welche grofse, oft mehrere Kernkörperchen besitzen, bedeutend vermehrt, so dafs die Zellen gewöhnlich eine gröfsere Anzahl von vollständig intakten Kernen besitzen, welche aus dem ursprünglich allein vorhandenen Kerne durch Teilung hervorgegangen sind. Um die Kerne, nebst den schon vorhandenen Eiweifskristallen deutlich zur Anschauung zu bringen, wurde eine Mischung von Eosin und Methylenblau in sehr verdünnter Lösung angewendet, wodurch die Kristalloide intensiv rot, die Kerne bläulich und die Kernkörperchen tiefblau gefärbt wurden. Diese gleichzeitige Anwendung verschiedener Farbstoffe hat sich auch bei andern Untersuchungen ausgezeichnet bewährt.

Nachdem die bedeutende Vermehrung der Zellkerne eingetreten ist, beginnt die Stärke- und Eiweifskristallbildung. Die Stärkebildung scheint nicht, wie später bei Carex ausgeführt wird, von bestimmten Bildungsherden auszugehen, sondern überall im Zellraume stattzufinden. Die erste Andeutung eines Eiweifskristalls ist eine aus Eiweifsstoffen bestehende hyaline, ölartig erscheinende Masse von rundlicher Form. Da gröfsere und kleinere Eiweifstropfen vorhanden sind, so läfst sich annehmen, dafs die ursprünglichen kleinen Proteintropfen sich durch neue Ansammlungen vergröfsern. Der weitere Verlauf der Kristalloidbildung geht in folgender Weise von statten. Im Innern der hyalinen Eiweifsmasse zeigte sich eine Differenzierung in einen dichteren Teil, der aber noch nicht die Form der Kristalle deutlich erkennen liefs. In manchen Eiweifstropfen konnten sodann ein oder zwei von einander getrennte, schon deutlich die Kristallform zeigende Kristalloide beobachtet werden. Die Kristalloide nehmen dann im Innern des Eiweifstropfens an Gröfse zu, und es scheint mir wahrscheinlich, dafs dieselben durch Apposition wachsen. Indem ein Kristalloid heranwächst, wird die Masse des Eiweifstropfens nach und nach reduziert, augenscheinlich also zur Ernährung des Kristalloids verbraucht. Das zuletzt allein noch vorhandene Grenzhäutchen ist vielleicht der letzte Rest des Aleurontropfens. Die hyaline Eiweifsmasse, in deren Innern die Kristalloide entstehen, stellt die Mutterlauge vor, aus welcher dieselben gebildet und ernährt werden. Die Vermutung liegt nahe, dafs die Art der Entstehung und des Wachstums der Eiweifskristalle sich nicht wesentlich von der Bildungsweise anorganischer Kristalle aus ihrer Mutterlauge unterscheidet. Während diese Vorgänge von statten gehen, zeichnen sich die Zellkerne durch ihre Gröfse und oft auch durch die Zahl ihrer Nucleolen aus. Es entzieht sich jedoch vorläufig der Beurteilung, ob den Kernen nebst

ihren Nucleolen bei dem Vonstattengehen dieser Vorgänge irgend eine Funktion zukommt. Doch liegt immerhin diese Annahme nahe. Schliefslich soll noch erwähnt werden, dafs in vielen Zellen auch Anhäufungen von Kristalloiden, die sich gegenseitig, ähnlich wie die einzelnen Kristalle von Drusen, in ihrer Ausbildung beeinträchtigt haben, vorkommen. Wie vorhin hervorgehoben ist, sind in manchen Fällen innerhalb einer Eiweifsmasse mehrere Anfänge von Kristalloiden beobachtet. Es läfst sich daraus der Schlufs ziehen, dafs die erwähnten Kristalloiddrusen ihren Ursprung mutmafslich einem einzigen Mutterlaugetropfen verdanken. In andern Fällen wurden mehrere Aleurontropfen in einer Zelle beobachtet, von denen jeder einen in der Entwickelung befindlichen Kristalloid enthielt. Es wäre möglich, dafs diese Kristalloide bei ihrer weitern Entwickelung in Kontakt kommen könnten, wodurch dann ebenfalls drusenähnliche Bildungen entstehen könnten. Bei diesen Beobachtungen wurden die Schnitte mit alkoholischer Pikrinlösung behandelt. Trécul[1]) hatte die Behauptung aufgestellt, dafs sich die Kristalloide bei Sparganium in oder aus den Zellkernen entwickelten. Diese Ansicht wurde schon von Pfeffer[2]) in Zweifel gezogen. Nach meinen Beobachtungen unterliegt es keinem Zweifel, dafs sich die Kristalloide weder in noch aus den Kernen bilden. Sie entstehen aufserhalb der Kerne, vielleicht unter dem Einflufs derselben.

Im reifen Samen soll, wie Koeppen mit Bestimmtheit behauptet, in den Endospermzellen kein Kern vorhanden sein. Auch ich habe in völlig reifen Samen keinen Kern auffinden können. Bei Samen, welche dicht vor der Reife waren, fand ich durch starke Tinktion mit Pikr.-Nigrosin folgende Ver-

---

[1]) Trécul, Annales des Sc. Nat. Tom. X, 4. Série, 1858, pag. 56. — [2]) Jahrb. f. wiss. Bot. Pringsheim, 1872, Bd. 8.

hältnisse vor. Die Eiweifskristalle schienen ihre volle Gröfse erreicht zu haben. In den Zellen waren noch deutlich die Kerne zu erkennen. Meist waren dieselben etwas zusammengeschrumpft, manche enthielten noch Kernkörperchen, in vielen war jedoch kein Nucleolus mehr wahrnehmbar. Es liegt daher die Annahme nahe, dafs sich die Kerne unmittelbar vor der Reife, also nach der völligen Ausbildung der Reservestoffe, auflösen, wobei zuerst das Kernkörperchen, dann der Kern selbst, der ohne Nucleolus noch einige Zeit erhalten bleibt, verschwindet.

Endlich soll noch bemerkt werden, dafs im Embryo ein Kern nebst Kernkörperchen in den Zellen nachgewiesen ist[1]).

3. Carex.

Auch bei Carex tritt eine Vermehrung der Zellkerne ein, bevor die Stärke- und Kristalloidbildung beginnt. Die Stärkebildung geht hier von bestimmten Bildungsherden aus, welche von den Zellkernen gebildet werden. Sie beginnt in unmittelbarer Nähe der Kerne, so dafs diese schliefslich von einer dichten Anhäufung von Stärkekörnern rings umgeben sind. Zwischen den Kernen sammeln sich dann die Aleurontropfen an, in deren Innern die Kristalloide entstehen. Sehr häufig findet man in einem grofsen Tropfen eine grofse Anzahl von Kristalloidanlagen, die sich in ihrer Ausbildung gegenseitig stören. Auf diese Weise entstehen drusenartige Anhäufungen von Kristalloiden. Wenn die Stärkebildung weitere Fortschritte macht, sind die Kerne nur noch schwer zu erkennen, bis sie endlich sich der Beobachtung vollständig entziehen. Schliefslich sollen auch hier die Kerne nach Koeppen[2]) degeneriert

[1]) Koeppen, S. 25. — [2]) Daselbst, S. 29.

werden. Er beobachtete im reifen Samen nur noch zarte, unbestimmt umgrenzte Kernreste, die auch bei der Keimung nicht wieder regeneriert wurden.

III.

Beobachtungen über den Zellkern in keimenden Samen.

1. Pinus Larix.

Bei Pinus Larix wurde ein Gemisch von Eosin und Methylenblau in sehr verdünnter Lösung angewendet. Die Dauer der Einwirkung betrug etwa 12 Stunden. Die Schnitte wurden dann in Alkohol und Nelkenöl gebracht und in Canadabalsam eingebettet. Die Kerne in den Endospermzellen und besonders die Kernkörperchen waren bedeutend gröfser als im ruhenden Samen. Häufig konnten mehrere Kernkörperchen beobachtet werden. In den an den Embryo grenzenden Zellen liefsen sich kaum noch Überreste von Proteinkörnern erkennen, während die entfernteren Zellen noch ziemlich gefüllt waren. Die Auflösung der Proteinkörper beginnt in der Umgebung des Embryos und schreitet nach aufsen hin fort. Auch in den entleerten Zellen waren noch Kerne vorhanden. Die Zellkerne lösen sich demnach erst auf, wenn sämtliche Reservestoffe verbraucht sind.

2. Salvia officinalis.

Auch bei Salvia off., deren untersuchte Keimblätter erst schwach grünlich gefärbt waren, konnte konstatiert werden,

dafs das Kernkörperchen der kleinen Zellkerne von verhältnismäfsig bedeutender Gröfse ist.

3. Helianthus annuus.

Dieselbe Beobachtung in bezug auf das Anschwellen der Kerne und deren Nucleolen wurde bei Helianthus gemacht. Überhaupt ist diese Gröfsenzunahme bei der Keimung eine Erscheinung, die in allen zur Beobachtung gelangten Samen konstatiert werden konnte. Im folgenden sollen daher nur noch die Fälle besprochen werden, welche ein besonderes Interesse bieten.

4. Ricinus communis.

Besonders auffallend ist die Volumenzunahme der Zellkerne und vor allem der Nucleolen im keimenden Samen von Ricinus communis. Im ruhenden Samen ist der Kern von sehr geringer Gröfse und das Kernkörperchen nach Koeppen nur nach schwacher Tinktion mit homogener Immersion wahrzunehmen[1]). Es liegt die Vermutung nahe, dafs die ungeheure Vergröfserung der Kerne und Nucleolen bei der Keimung mit der Auflösung der Reservestoffe, vielleicht speziell mit der Lösung der Aleuronkörner in Beziehung stehe. In den untersuchten Schnitten war die amorphe Grundsubstanz nicht mehr vorhanden, die Globoide waren nicht mehr erkennbar und fast alle Kristalloide in Trümmerstücke zerfallen, deren Gesamtumrifs meist noch die ursprüngliche Kristallform erkennen

[1]) Koeppen, S. 39.

liefs. Nach Lüdtke[1]) zerfallen nur solche Kristalle, welche schon im ruhenden Samen Sprünge und Risse zeigen, während sonst die Kristalloide innerhalb der durch die gequollene Grundsubstanz gespannten umgebenden Membran langsam von aufsen nach innen abschmelzen sollen. Nach meinen Beobachtungen zu urteilen, ist die Zertrümmerung der Kristalloide eine ziemlich allgemeine Erscheinung, und es macht ganz den Eindruck, als ob die Lösung in der Weise vor sich gehe, dafs die lösenden Fermente in das Innere der Kristalloide eindringen und die leichter löslichen Bestandteile auslösen. Damit stimmen auch solche Bilder überein, bei welchen aus der äusseren Schicht eines Kristalloids ein kleines Stück wie ausgeschnitten erschien, so dafs der Kristall wie angefressen aussah. Die einzelnen Trümmerstücke, die in grofser Zahl nebeneinander liegen, nehmen nach und nach an Gröfse ab, sie werden augenscheinlich von aufsen gelöst. Um die Kerne nebst den Nucleolen und die Kristalloide, resp. die Kristalloidreste gleichzeitig zu färben, wurde eine Mischung von Eosin und Methylenblau in sehr verdünnter Lösung angewendet. Sie leistete so ausgezeichnete Dienste, dafs auch die kleinsten Trümmerstücke der Kristalloide an der Eosinfärbung deutlich erkennbar waren. Schliefslich will ich noch hervorheben, dafs die Kristalloide im keimenden Samen in Glycerin viel leichter löslich zu sein scheinen, als es im ruhenden Samen der Fall ist. Nach Lüdtke[2]) sind die Kristalloide des ruhenden Samens nach längerem Aufbewahren in kaltem Glycerin löslich. Wenn man unter dem Mikroskope die Einwirkung von kaltem Glycerin auf Endospermschnitte des keimenden Samens verfolgt, kann man beobachten, dafs die

[1]) Lüdtke, Beiträge zur Kenntnis der Aleuronkörner. Jahrb. f. wiss. Bot. 1889, Bd. 21, S. 116. — [2]) Daselbst, S. 76.

Kristalloide von aufsen sofort abschmelzen, bis schliefslich die letzte punktförmige Andeutung derselben in der wie ein grofser Tropfen erscheinenden abgelösten Eiweifssubstanz verschwindet.

5. Cucurbita.

Bei Cucurbita erfolgt ebenfalls bei der Keimung eine mächtige Anschwellung des Kerns und besonders der Kernkörperchen. Sehr bemerkenswert ist die Erscheinung, dafs der im ruhenden Samen sehr unregelmäfsig gestaltete Kern bei der Keimung eine ganz normale Gestalt annimmt. Dieser Umstand und die gewaltige Gröfsenzunahme der Nucleolen legt die Vermutung nahe, dafs der Kern und namentlich die Kernkörperchen bei den Keimungsvorgängen eine allerdings nicht näher bekannte Rolle spielen. Auch bei Cucurbita waren die Trümmer der Kristalloide deutlich zu beobachten. Diese Angaben beziehen sich auf ein Stadium, in welchem die Keimblätter noch nicht ergrünt waren. Bei einem späteren Keimstadium mit schon schwach grünen Kotyledonen und noch unentwickelter Stammknospe lagen im Innern der Zellen noch Reste von Kristalloiden, welche aus Trümmerstücken mit zum Teil eckigen Konturen bestanden. Zuweilen sah ich noch ziemlich grofse Kristallreste, welche von Spalten und Gängen, die meist von aufsen in das Innere hineinschnitten, durchsetzt waren. Das Kernkörperchen besafs wie in den vorher untersuchten Stadien eine bedeutende Gröfse. Das Tinktionsmittel war ein Gemisch von Fuchsin und Methylenblau. Der erstere Stoff wird besonders von den Kristalloiden aufgenommen; die Nucleolen scheinen durch beide Farbstoffe tingiert zu werden, wenigstens habe ich beobachtet, dafs bei längerer Auswaschung mit Alkohol die Fuchsinfärbung an den Nucleolen mehr zum

Vorschein kam, während bei kürzerer Einwirkung des Alkohols die Nucleolen mehr blau erschienen.

6. Lupinus luteus.

Im ruhenden Samen von Lupinus luteus wurde nach geeigneter Behandlung ein Zellkern mit Kernkörperchen beobachtet. In den grofsen Solitairen befinden sich Zwillingskristalle von oxalsaurem Kalk. Keimblätter von keimenden Samen wurden untersucht, als dieselben noch vollständig gelb, sodann, als dieselben ergrünt, und endlich, als die sämtlichen Reservestoffe verbraucht waren. In den grünen Keimblättern findet eine lebhafte Assimilation statt. Durch Anwendung von Jodalkohol oder Jodglycerin werden die Stärkeeinschlüsse der durch Alkohol entfärbten Chlorophyllkörner deutlich erkennbar. Während durch Assimilation schon reichlich Stärke erzeugt ist, sind die Reservestoffe noch nicht vollständig gelöst, es sind noch immer Überreste von Aleuronkörnern in Form von gröfseren oder kleineren Proteinmassen vorhanden. Dieses war der Fall, als die Stammknospe noch zwischen den schon ausgebreiteten Kotyledonen ruhte, also die jungen Laubblätter noch völlig unentwickelt waren. In dem untersuchten dritten Stadium waren die ersten Laubblätter entstanden, aber noch nicht ausgewachsen. In diesem Stadium konnte ich kaum noch Überreste von Aleuronkörnern erkennen. Statt derselben lag in den Zellen der aus dem Solitair befreite Kristall von oxalsaurem Kalk, der vollständig intakt war. Was den Zellkern anbetrifft, so hat derselbe bei der Keimung mächtige Dimensionen angenommen, namentlich ist das Kernkörperchen bedeutend entwickelt. Daneben zeigten sich im Zellkern ganz eigentümliche Differenzierungen, die mutmafslich noch nicht beobachtet sind. Es traten nämlich schon im ersten Keimstadium, als die Kotyledonen noch gelb

waren, eine Menge kleiner Körperchen von kugeliger Gestalt hervor, die sich, wie es scheint, gegen die angewendeten Farbstoffe ähnlich verhielten wie die Nucleolen. Bei Anwendung einer Mischung von Eosin, Methylenblau und Jodgrün in sehr verdünnter Lösung bei mehrstündiger Einwirkung wurden die Aleuronreste durch Eosin rot, die erwähnten kleinen Körperchen durch Methylenblau tiefblau und die sehr grofsen Nucleolen etwas rötlichblau gefärbt. Andre Tinktionen mit ähnlichen Mischungsverhältnissen zeigten jedoch auch die Nucleolen in blauer Farbe. Viel deutlicher traten diese tingierbaren kleinen Körperchen im dritten Keimstadium hervor. Diese Körperchen gehören ohne Zweifel dem Zellkern an. Ich wurde beim Anblick derselben an die von Zimmermann[1]) beobachteten, sich in Assimilationsorganen vorfindenden, dem Zellplasma angehörigen Granula erinnert, die meist die Nähe der Chromatophoren und des Zellkernes bevorzugen sollen. Sie bestehen nach Zimmermann wahrscheinlich aus Proteinsubstanzen. Das gleiche, mindestens sehr ähnliche Verhalten der im Zellkern von Lupinus gefundenen Körperchen gegen die angewendeten Farbstoffe läfst vermuten, dafs sie in bezug auf ihre Zusammensetzung dem Nucleolus, wenn nicht gleich, so doch mindestens sehr ähnlich sind. Diese tingierbaren Körperchen sollen als Nebennucleolen bezeichnet werden.

7. Cucumis sativus.

In den Kernen der Keimblattzellen von Cucumis sativus habe ich ganz ähnliche Erscheinungen beobachtet. Hier kann

[1]) Zimmermann, Beitr. zur Morph. u. Physiol. d. Pflanzenzelle, Heft 1.

man sich bestimmt davon überzeugen, dafs die auch hier vorhandenen tingierbaren Körperchen von kugeliger Gestalt dem Zellkern und nicht etwa der unmittelbaren Umgebung desselben angehören. Es wurden von Cucumis vollständig ergrünte Keimblätter, die ihre volle Gröfse erreicht hatten, untersucht. Die Reservestoffe waren fast vollständig zur Auflösung gekommen. Die Keimblätter hatten sich zu Assimilationsorganen mit Palissadenparenchym ausgebildet. In den verhältnismäfsig grofsen Kernen waren Nucleolen von ziemlicher Gröfse vorhanden, und aufserdem liefs sich eine mehr oder weniger grofse Anzahl der vorhin als Nebennucleolen bezeichneten tingierbaren Körperchen erkennen, welche nicht von gleicher Gröfse waren. Als Tinktionsmittel wurde eine Mischung von Fuchsin und Methylenblau angewendet, doch konnte ein Unterschied in der Färbung zwischen Nucleolen und Nebennucleolen nicht bemerkt werden.

Über die Bedeutung der Nebennucleolen sowie über ihre Verbreitung kann ich nicht einmal eine Vermutung äufsern. Einige andre zweifelhafte Fälle abgerechnet, sind dieselben nur in den zu Assimilationsorganen ausgebildeten Keimblättern von Lupinus luteus und Cucumis sativus mit völliger Sicherheit beobachtet.

Wie ich sehr wohl weifs, berechtigen die Resultate dieser Untersuchungen noch keineswegs dazu, eine auch nur einigermafsen befriedigende Antwort auf die Frage nach den Beziehungen des Zellkernes zu den in den Zellen des Endosperms, der Keimblätter etc. stattfindenden Lebensprozessen zu versuchen. Immerhin berechtigen sie aber zu der Vermutung, dafs sowohl bei der Niederlegung als auch bei der Auflösung der Reservestoffe der Zellkern und die Nucleolen eine bedeutende Rolle spielen. Diese Vermutung stützt sich vor allem auf die Thatsache, dafs bei

Sparganium und Carex vor der Bildung der Eiweifskristalle eine Vermehrung der Zellkerne und Vergröfserung der Nucleolen eintritt, dafs ferner die Kerne zu Grunde gehen, wenn die Kristalloidbildung vollendet ist, dafs endlich in allen Endospermzellen, in welchen überhaupt lebendige Zellkerne erhalten sind, beim Keimungsprozesse eine bedeutende Gröfsenzunahme der Kerne und besonders der Nucleolen erfolgt. Weitere Untersuchungen müssen noch Aufklärungen mannigfacher Art zu Tage fördern, ehe an die Aufstellung einer Hypothese über die Funktion des Zellkernes und der Nucleolen in den Speicherzellen der Samen gedacht werden kann.

Zusammenfassung der Ergebnisse.

1. Das Vorhandensein von Nucleolen konnte nachgewiesen werden in einer ganzen Reihe von Fällen, für welche die Existenz von Nucleolen bisher in Abrede gestellt wurde, nämlich:

a) für die Kerne der Endosperm- und Embryozellen ruhender Koniferensamen (Picea vulg., Larix Europaea, Biota orient.);

b) für die Kerne der Speicherzellen stärkehaltiger Samen (Pisum, Vicia faba, Leucojum aest.);

c) für die Kerne einiger stärkefreier Samen, in welchen Nucleolen bis jetzt nicht beobachtet wurden (Paeonia, Asphodelus albus, Corylus Avellana).

2. Vor der Bildung der Eiweifskristalle und Stärke erfolgt bei Sparganium und Carex eine bedeutende Vermehrung der Zellkerne und Nucleolen.

3. Die Bildung der Eiweifskristalle erfolgt bei Sparganium und Carex im Innern einer tropfenartigen Ansammlung von Proteinsubstanzen durch einen Kristallisationsprozefs, wobei diese nach und nach zur Vergröfserung der Kristalloide verbraucht wird.

4. Bei Ricinus und Cucurbita zerfallen die Kristalloide während der Keimung in Trümmerstücke, die nach und nach von aufsen gelöst werden.

5. Bei Carex geht die Stärkebildung von der unmittelbaren Umgebung der Zellkerne aus, welche schliefslich durch die sich anhäufenden Stärkemassen vollständig umschlossen werden.

6. In allen keimenden Samen wurde eine bedeutende Gröfsenzunahme der Zellkerne und namentlich der Nucleolen konstatiert.

7. In den Kernen der keimenden Samen von Lupinus und Cucumis wurde eine mehr oder weniger grofse Anzahl tingierbarer Körperchen von kugeliger Gestalt, die als Nebennucleolen bezeichnet sind, beobachtet.